Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. P. Riethe
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

ENTWICKLUNG DER FRONTZAHNFÜLLUNGSMATERIALIEN DARSTELLUNG MIT DEM RÖNTGEN–RASTERMIKROSKOP

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt
von
Peter Frick
aus
Rottenburg

1980

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549627_0050

Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. P. Riethe
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

ENTWICKLUNG DER FRONTZAHNFÜLLUNGSMATERIALIEN DARSTELLUNG MIT DEM RÖNTGEN–RASTERMIKROSKOP

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt
von
Peter Frick
aus
Rottenburg

1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Professor Dr. H. Heimann

1. Berichterstatter: Professor Dr. Dr. P. Riethe

2. Berichterstatter: Professor Dr. E. Körber

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.	EINLEITUNG	1
2.	MATERIALIEN UND METHODE	1
2.1	Materialien	1
2.2	Methode	2
2.3	Besonderheiten der Röntgen-Spektralanalyse	3
3.	UNTERSUCHUNGSREIHEN	5
4.	ERGEBNISSE	27
5.	ZUSAMMENFASSUNG	29
6.	LITERATURVERZEICHNIS	31

1. EINLEITUNG

Die Problematik der Füllung im sichtbaren Frontzahnbereich (Randschluß, Volumenbeständigkeit, Pulpenverträglichkeit, Farbstabilität etc.) ließ nach immer neuen Materialien suchen.

Die Entwicklung ging vom rein anorganischen Silikatzement mit seinen kontinuierlichen Verbesserungen über die rein organischen Materialien mit all ihren Nachteilen bis zu den Composites (mit anorganischen Füllstoffen verstärkte selbstpolymerisierende Akrylate - Lutz et al. 1976 -) und den Isositmaterialien, bei denen Matrix und Füllstoffe aus organischen Vernetzern zusammengesetzt sind (Riethe 1977).

Im Folgenden soll diese Entwicklung durch materialanalytische Untersuchungen mit dem Röntgen-Rastermikroskop (Mikrosonde; Rö-Spektrometer) sichtbar gemacht werden.

2. MATERIALIEN UND METHODE

2.1 Materialien

Untersucht wurden:

- von den anorganischen Silikatzementen das "Achatit" (manuelle Anmischung - Pulver/Flüssigkeit) und das "Silicap" (maschinelle Anmischung in vordosierten Kapseln).
- von den rein organischen Methakrylaten das "Palavit 55".
- von den org./anorg. Composites das "Composite-Merz" (Paste/Paste), das "Concise" (Paste/Paste), das "Compocap" (maschinelle Kapselanmischung), das "Cosmic" (Paste/Paste), das "Vytol" (Paste/Paste), das "Uviofil" (UV-härtend) und das "Mikrofil" (Paste/Paste).
- von den org./"org." Materialien das "Isopast" (Paste/Paste).

Bei den farbabgestuften Füllungsmaterialien wurde jeweils die "Neutralfarbe" untersucht:

Farbe 22 bei "Achatit", "Silicap", "Compocap" und "Isopast",
Farbe 9 beim "Palavit 55",
Farbe LG beim "Vytol",
Standardfarbe beim "Uviofil",
Farbe G beim "Mikrofil".

Hersteller der untersuchten Materialien:

Achatit:	Vivadent Schaan/Liechtenstein
Silicap:	Vivadent Schaan/Liechtenstein
Palavit 55:	Kulzer & Co Bad Homburg
Composite-Merz:	Merz & Co Frankfurt am Main
Concise:	3M Company Saint Paul/Minnesota
Compocap:	Vivadent Schaan/Liechtenstein
Cosmic:	De Trey Wiesbaden
Vytol:	Caulk Company Milford/Delaware
Uviofil:	ESPE Seefeld/Oberbayern
Mikrofil:	Kulzer & Co Bad Homburg
Isopast:	Vivadent Schaan/Liechtenstein

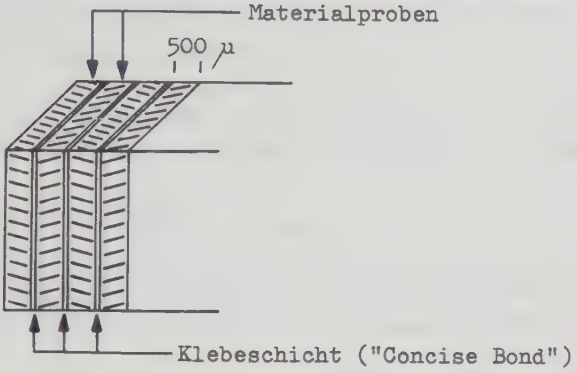
2.2 Methode

Die zu untersuchenden Füllungsmaterialien wurden zwischen zwei Glasplatten unter gleichbleibendem Druck (10 kp/cm^2) zu 0,5 mm dicken Plättchen auspolymerisiert.

Beim Anmischen, bzw. Aushärten unter UV-Bestrahlung ("Uviofil") wurde die jeweilige Verarbeitungsanweisung des Herstellers befolgt.

Die einzelnen Materialproben wurden mittels eines Akrylsäureesters ("Concise Bond") aufeinandergekittet, an den Schnittflächen plan geschliffen und mit Kohle bedampft, um der Oberfläche eine elektrische Leitfähigkeit zu verleihen.

Mit dem so entstandenen "Block" (siehe Skizze) konnten die einzelnen Füllungsstoffe zusammen in das Vakuum der "Mikrosonde" eingeschleust und unter gleichen Bedingungen abgesucht werden.



2.3 Besonderheiten der Röntgen-Spektralanalyse

Die Objektpräparation ist beim Röntgen-RM verfahrensmäßig die gleiche wie beim normalerweise üblichen Rasterelektronenmikroskop.

Bei der Rö-Spektralanalyse wird lediglich noch zusätzlich die Tatsache ausgenutzt, daß beim Auftreffen des Elektronenstrahls auf Materie Röntgenstrahlung entsteht. Diese gliedert sich auf in die "charakteristische Strahlung" und in die "Bremsstrahlung".

Die "charakteristische Strahlung" entsteht, wenn in einem Atom des Untersuchungsmaterials ein Elektron einer äußeren Schale - angeregt durch den Impuls eines von außen eindringenden "Primärelektrons" - in eine weiter innen liegende Atomschale springt. Dieser Schalenwechsel ("Quantensprung") ist mit einem für das jeweilige Element spezifischem Ener-

giegewinn verbunden, welcher sich wiederum in der Wellenlänge der entstehenden Röntgenstrahlung ausdrückt.

Die "Bremsstrahlung" entsteht grundsätzlich beim Auftreffen des Elektronenstrahls auf das Untersuchungsmaterial. Sie ist abhängig von der Ordnungszahl des betreffenden Elements (je höher diese, um so höher der "Bremsstrahlungspegel") und hat keine spezifische Wellenlänge, sondern ein Wellenlängenspektrum. Durch dieses werden die Untersuchungsergebnisse in ihrem Quantitätsausdruck verfälscht.

Die insgesamt entstehende Röntgenstrahlung wird nun mit Hilfe des "Bragg-Kristalls" (bei bestimmtem Einfallswinkel tritt für eine jeweils genau definierte Wellenlänge Totalreflexion ein) in ihre vorhandenen Energiestufen zerlegt und über ein Impulszählwerk aufgezeichnet.

Es werden drei verschiedene Aufzeichnungsarten unterschieden:

Bei der "Punktanalyse" wird der Elektronenstrahl auf einen bestimmten Punkt des Objekts eingestellt und das hier vorhandene Element durch die Wellenlängenbestimmung der entstehenden Röntgenstrahlung identifiziert.

Bei der "Linienanalyse" sucht der Elektronenstrahl das Untersuchungsmaterial entlang einer festen Linie ab. Die Wahrscheinlichkeit, daß hierbei inhomogen in Einschlüssen verteilte Elemente dargestellt werden, ist gegenüber der o.g. Aufzeichnungsart größer. Außerdem kann die relative Elementverteilung (z.B. über eine Grenzschicht) dargestellt werden.

Bei den "Elementverteilungsbildern" wird ein Ausschnitt des Präparats auf jeweils ein Element hin abgetastet (abgerastert). Je stärker das Element an einer Stelle vertreten ist, um so mehr Impulse werden auf dem Bildschirm aufgezeichnet.

Jede dieser drei Methoden erlaubt nur qualitative und keine quantitativen Rückschlüsse.

Hierzu müßten sämtliche die Impulsrate verfälschenden Einflüsse (Bremsstrahlung, Absorption der entstehenden Röntgenstrahlung im Untersuchungsmaterial etc.) noch datenverarbeitungsmäßig erfaßt werden.

Im Rahmen dieser Arbeit kann auf die Röntgen-Spektralanalyse nicht näher eingegangen werden (vgl. Ohnsorge, 1978).

3. UNTERSUCHUNGSREIHEN

Zunächst wurden die Materialproben auf Kohlenstoff, Silicium, Aluminium und Zink untersucht.

Hierbei kam eine modifizierte Punktanalyse zur Anwendung, wobei das Objekt mit konstantem Vorschub durch den feststehenden Elektronenstrahl transportiert wurde. Das entstehende Resultat entspricht der Linienanalyse.

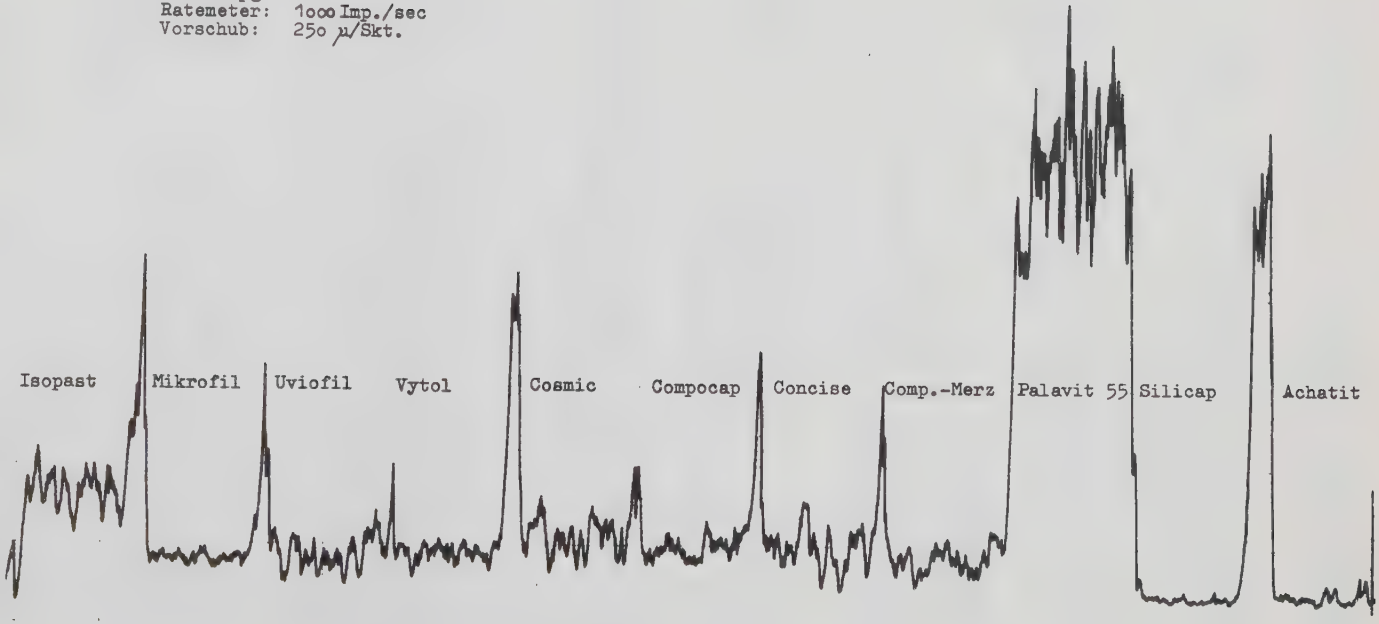
Dieses Verfahren wurde gewählt, weil bei der üblichen Linienanalyse der Ablenkwinkel des Elektronenstrahls nicht ausgereicht hätte, den gesamten Materialblock in einer fortlaufenden Linie abzutasten.

Das Ergebnis wurde mit dem Schreiber festgehalten. Aus dem jeweiligen Kurvenverlauf lassen sich keine exakt quantitativen Schlüsse ziehen, sondern nur relative zwischen den einzelnen Füllungsmaterialien. Die positiven bzw. negativen Schreiberausschläge zwischen den Materialproben kommen durch die rein organische Klebeschicht aus "Concise Bond" zustande.

Punktanalyse Kohlenstoff

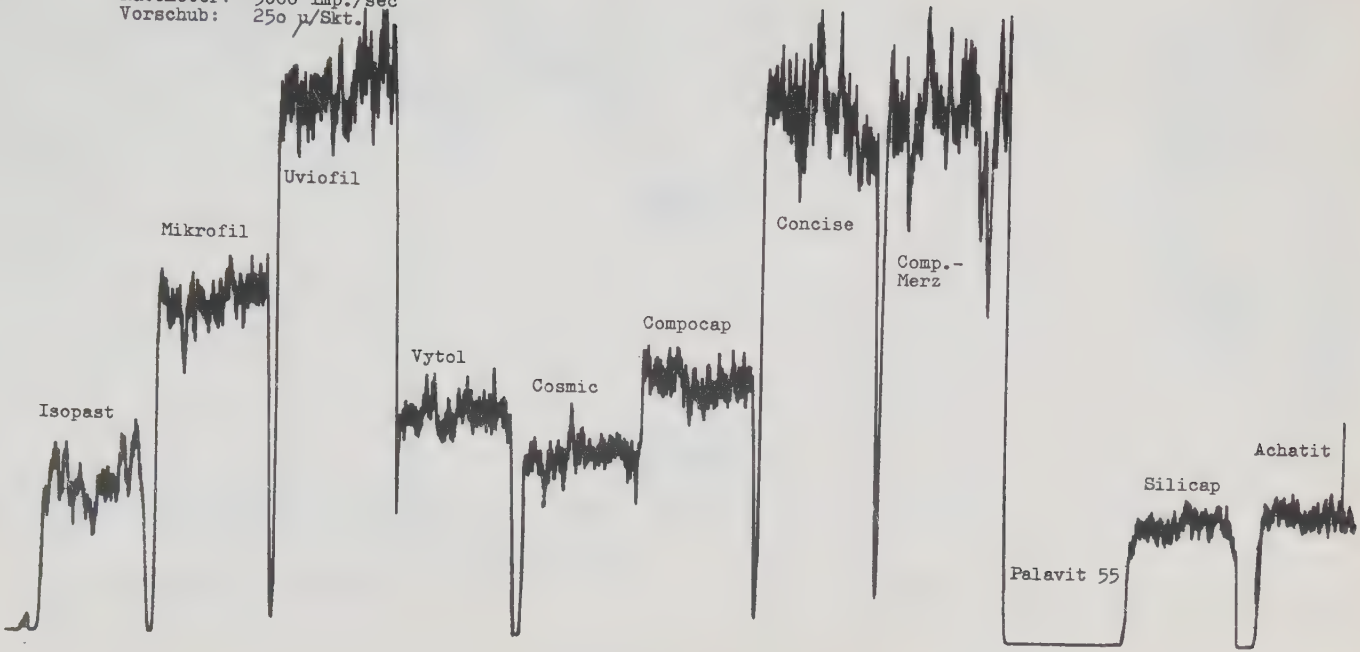
Strahlspg.: 4o kV
Ratemeter: 1ooo Imp./sec
Vorschub: 25o µ/Skt.

15m-i-1



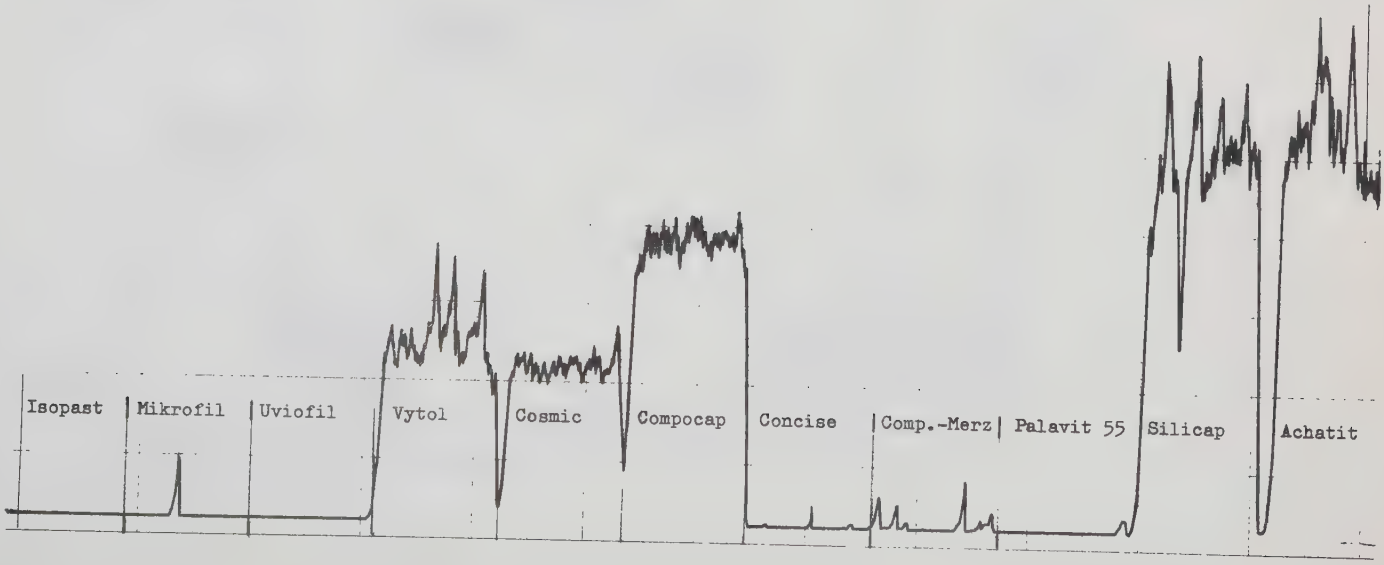
Punktanalyse Silicium

Strahlspg.: 4o kV
Ratemeter: 3ooo Imp./sec
Vorschub: 25o µ/Skt.



Punktanalyse Aluminium

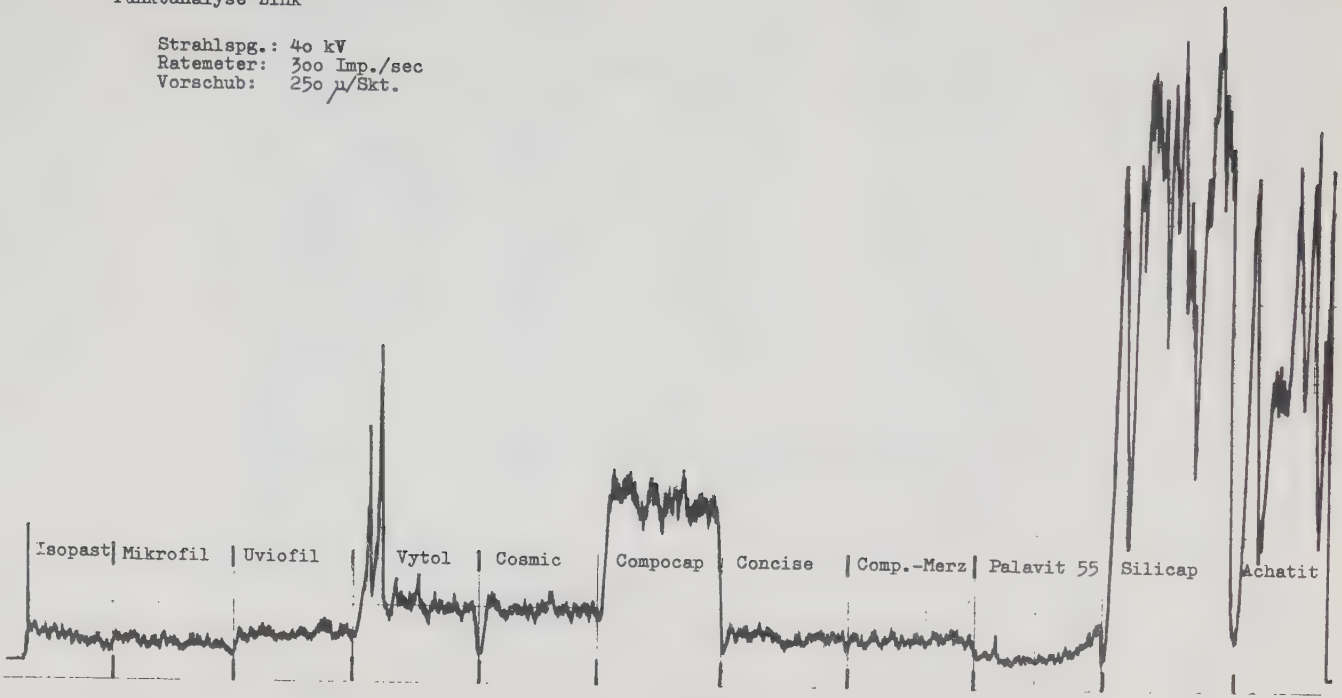
Strahlspg.: 4o kV
Ratemeter: 1ooo Imp./sec
Vorschub: 25o µ/Skt.



15m-i-1

Punktanalyse Zink

Strahlspg.: 40 kV
Ratemeter: 300 Imp./sec
Vorschub: 250 µ/Skt.



Auffällig bei dieser Untersuchungsreihe ist der im Vergleich zu den Composites hohe Kohlenstoffgehalt von "Isopast". Entsprechend nieder ist der Gehalt an anorganischen Bestandteilen (Si, Al, Zn).

Die untersuchten Composites differieren nur wenig in ihrem organischen Anteil, dafür aber stark in der Verteilung der anorganischen Komponenten auf Silicium, Aluminium und Zink.

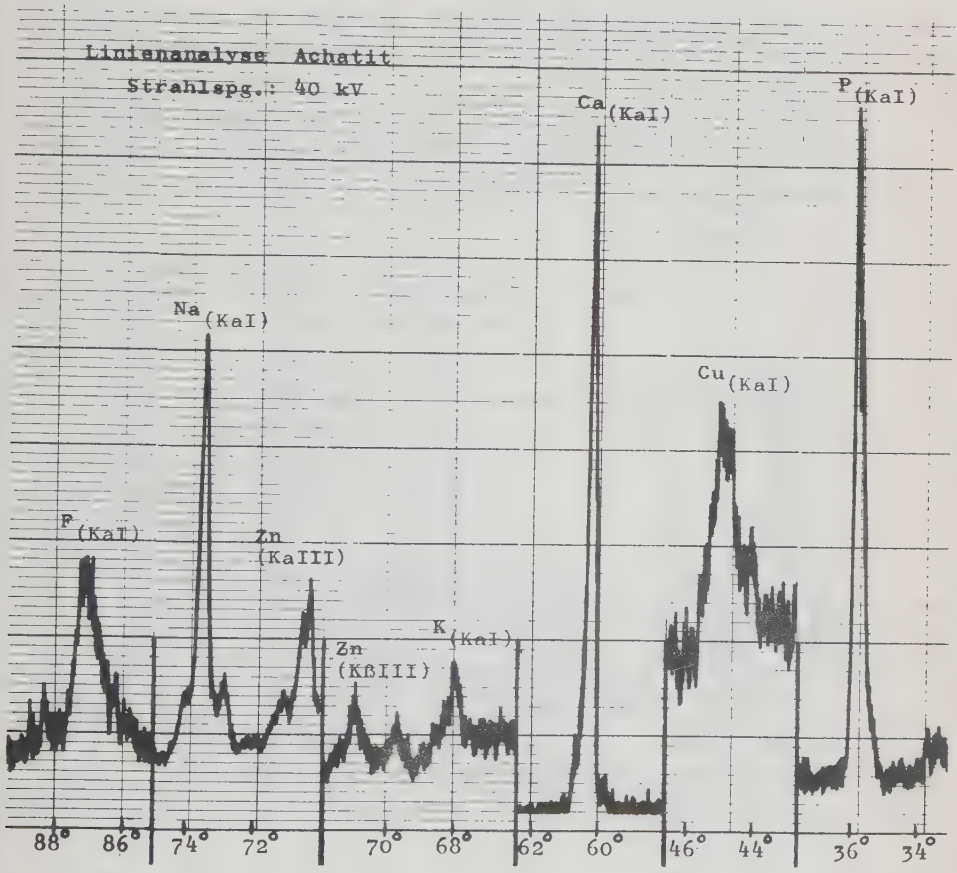
Starke Amplitudenschwankungen, wie z.B. in der Zinkkurve von "Achatit" und "Silicap", deuten auf eine inhomogene, in Einschlüssen angereicherte Stoffverteilung. Diese Einschlüsse bzw. analog dazu Verarmungszonen werden auch auf den Elementverteilungsbildern sichtbar.

Die geringamplitudigen Kurvenanteile, wie z.B. in der Zink-Kurve beim "Palavit 55" oder beim "Composite-Merz", kommen lediglich durch die Bremsstrahlung (vgl. Abschn. 2.3) zustande - sie zeigen keinen entsprechenden Stoffgehalt der betreffenden Materialprobe an.

Im Folgenden wurden die Proben auf die fraglichen Elemente mit Hilfe der Linienanalyse systematisch untersucht. Die positiven Befunde wurden aufgezeichnet.

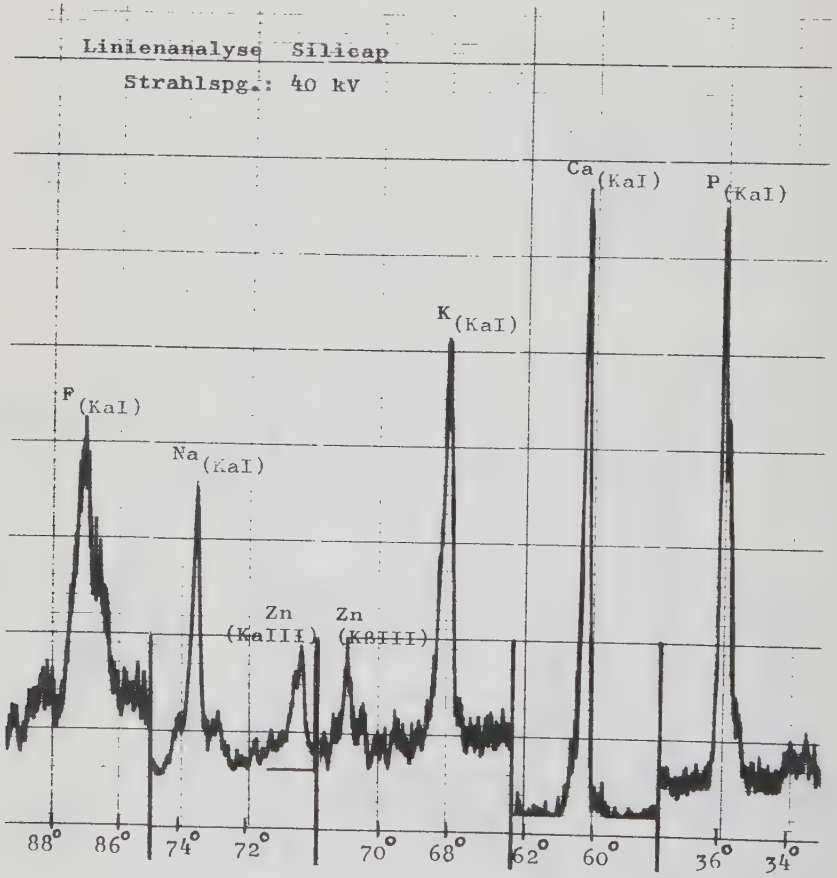
1. Achatit

Außer den bereits in der ersten Untersuchungsreihe eindeutig dargestellten Elementen (Si, Zn und Al) konnten noch Fluor, Natrium, Phosphor, Kalium, Calcium und Kupfer nachgewiesen werden.



2. Silicap

Insgesamt konnten hier Fluor, Natrium, Aluminium, Silicium, Phosphor, Kalium, Calcium und Zink nachgewiesen werden.



3. Palavit 55

Hier sind nur organische Kohlenstoffverbindungen vorhanden.

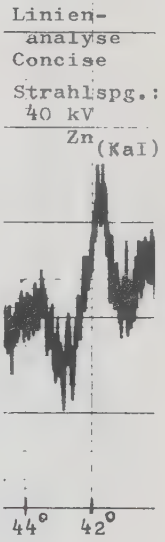
4. Composite-Merz

Zusätzlich zu den bereits in der ersten Untersuchungsreihe erwiesenen Kohlenstoff, Silicium und Aluminium konnten mit der Linienanalyse keine weiteren Elemente erfaßt werden.

Das außerdem noch vorhandene Kalium ist sehr sporadisch in Einschlüssen verteilt und kommt deshalb erst auf den Elementverteilungsbildern zu Darstellung.

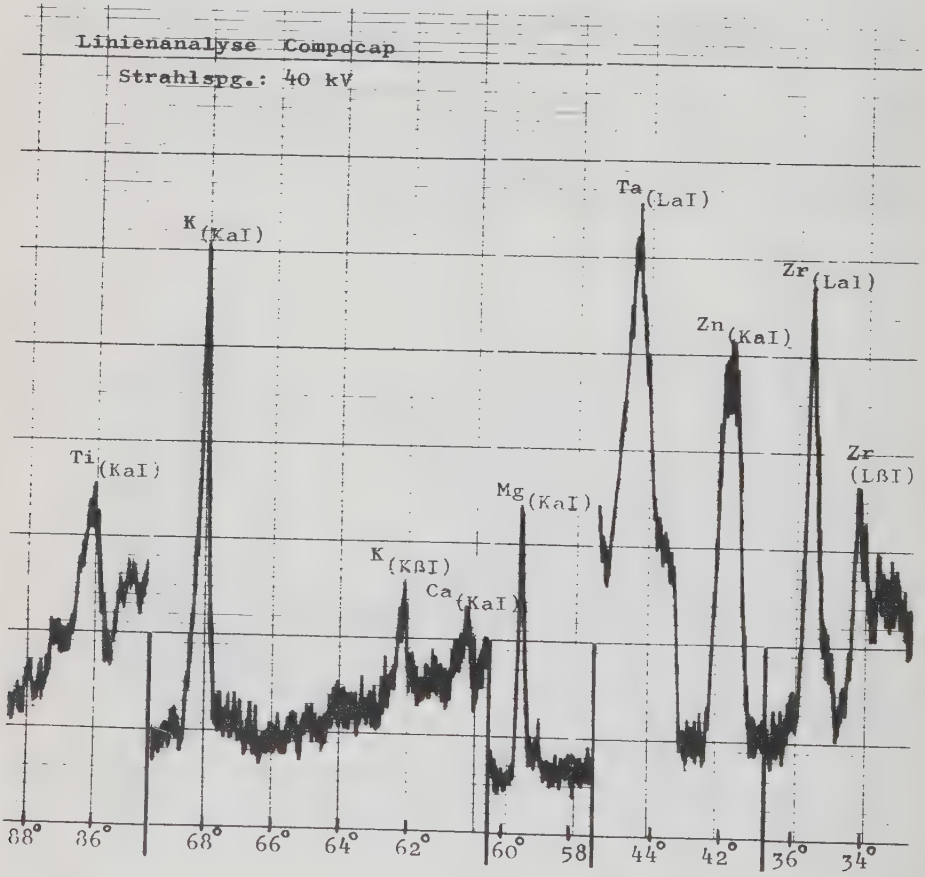
5. Concise

Hier sind Kohlenstoff, Silicium und wenig Zink enthalten.
Zink ist dabei erst durch die Linienanalyse eindeutig erwiesen, da aus dem entsprechenden Kurvenanteil in der ersten Versuchsanordnung nicht einwandfrei ersichtlich ist, ob nur Bremsstrahlung oder auch charakteristische Strahlung (vgl. Abschn. 2.3) vorhanden ist.



6. Compocap

Außer Kohlenstoff, Silicium, Aluminium und Zink (siehe erste Untersuchungsreihe) konnten beim "Compocap" noch Magnesium, Kalium, Calcium, Titan, Zirkon und Tantal nachgewiesen werden.

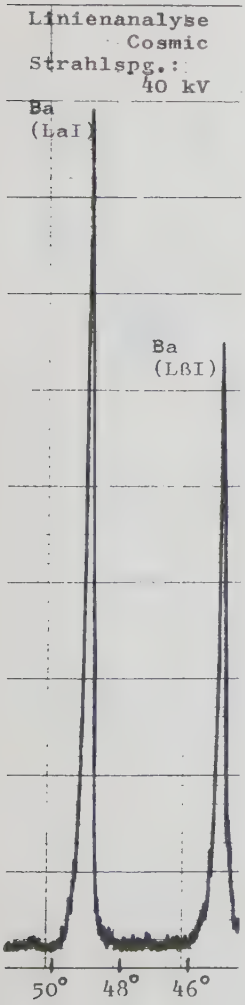


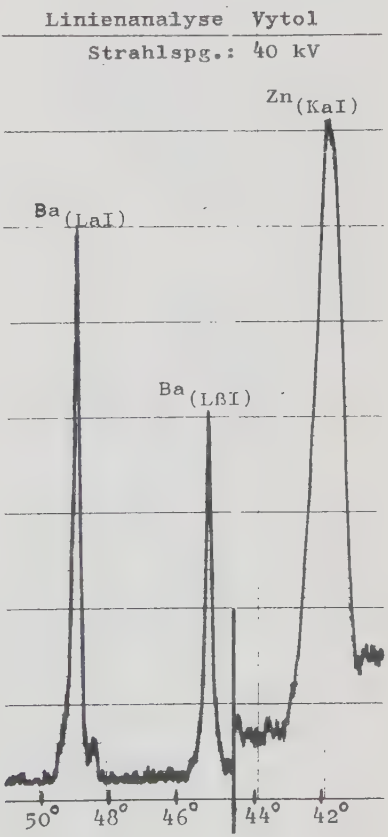
7. Cosmic

Beim "Cosmic" wurde außer Kohlenstoff, Aluminium und Zink noch das Barium gefunden.

8. Vytol

Hier konnten insgesamt nachgewiesen werden: Kohlenstoff, Zink, Silicium und Barium.





9. Uviofil

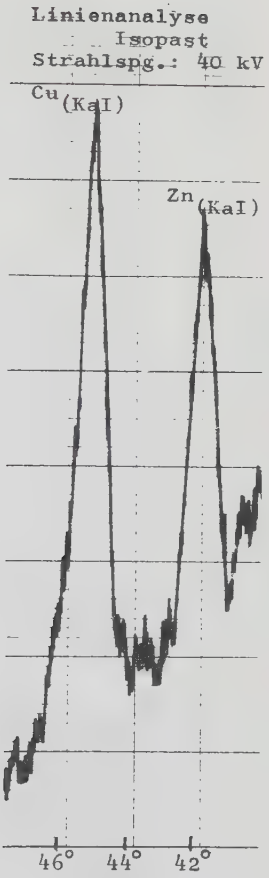
Außer den bereits in der ersten Untersuchungsreihe dargestellten Elementen Kohlenstoff und Silicium konnten beim "Uviofil" keine anderen Bestandteile aufgezeichnet werden.

10. Mikrofil

Zusätzlich zu Kohlenstoff und Silicium wurden mit der Linienanalyse noch Kupfer und Zink nachgewiesen.
(Durch die erste Versuchsreihe ist das Zink nicht eindeutig erwiesen - event. nur Bremsstrahlung.)

11. Isopast

Hier konnten - wie beim "Mikrofil" - außer Kohlenstoff und Silicium (erste Versuchsreihe) noch Kupfer und Zink nachgewiesen werden.

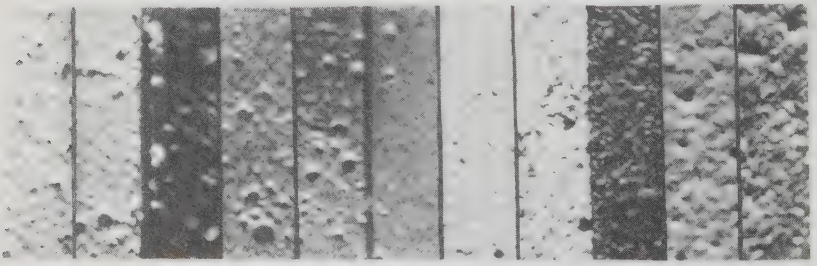


Verteilungsdiagramm

Füllungsmat.	C	F	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	Cu	Zn	Zr	Ba	Ta
Achatit		+	+		+	+	+	+	+		+	+			
Silicap		+	+		+	+	+	+	+			+			
Palavit 55	+														
Comp.-Merz	+				+	+		+							
Concise	+					+						+			
Compocap	+			+	+	+		+	+	+		+	+		+
Cosmic	+				+	+								+	
Vytol	+				+	+						+		+	
Uviofil	+					+									
Mikrofil	+					+					+	+			
Isopast	+					+					+	+			

Abschließend wurden die Untersuchungen mit Elementverteilungs- und REM-Bildern belegt.

Zunächst als Zusammenschnitt die Übersichtsaufnahme des gesamten Materialblocks.



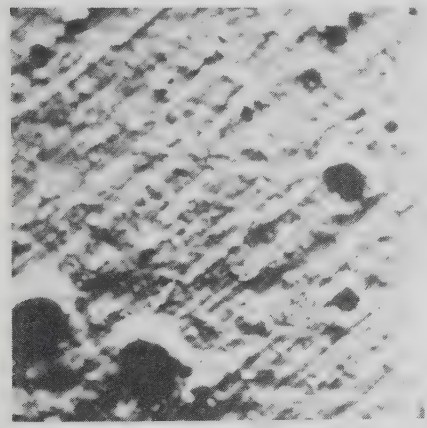
Achatit Palavit Concise Cosmic Uviofil Isopast
Silicap Comp.-Merz Compocap Vytol Mikrofil

REM-Aufn. Orig. Vergr. 85:1

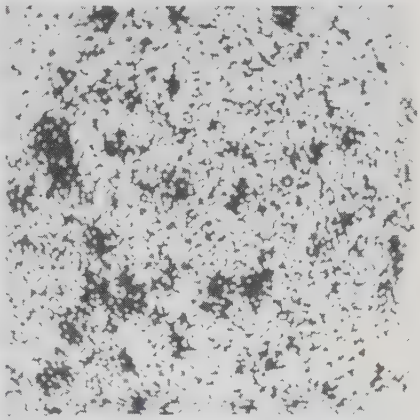
Das "Palavit 55" ließ sich dabei nur sehr schlecht darstellen, da das rein organische Material als guter Isolator unter der Einwirkung des Elektronenstrahls (→Hitzeentwicklung) an der Oberfläche sofort aufquoll.

Bei den im Weiteren folgenden Aufnahmen wurden nur diejenigen berücksichtigt, die eine Struktur in der Elementverteilung erkennen ließen bzw. keine rein homogene Verteilung zeigten.

1. Achatit



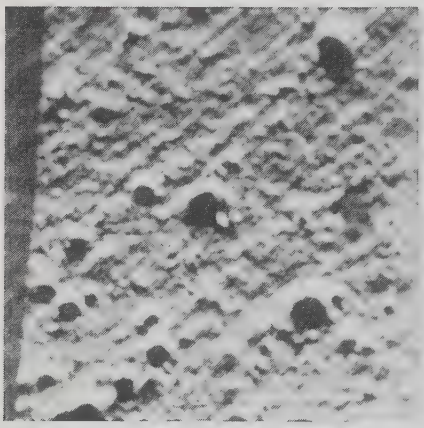
REM-Aufn. mit 100 µ-Marke
Orig. Vergr. 300:1



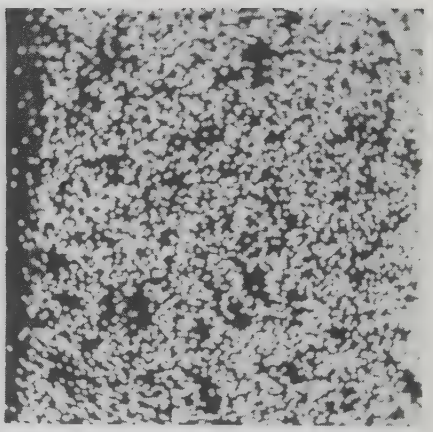
Verteilungsbild - Zink
Orig. Vergr. 300:1

Beim Zink sind leichte Verarmungszonen vorhanden.
Ansonsten liegt eine homogene Stoffverteilung vor.

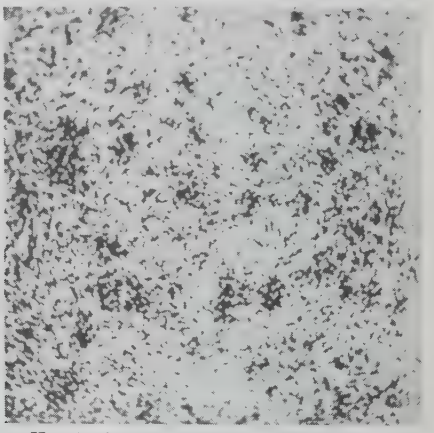
2. Silicap



REM-Aufn. mit 100 µ-Marke
Orig. Vergr. 300:1



Verteilungsbild - Zink
Orig. Vergr. 300:1



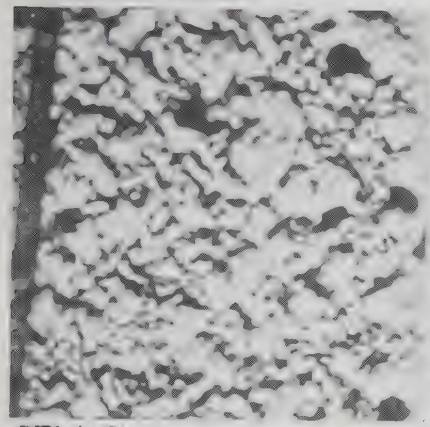
Verteilungsbild - Phosphor
Orig. Vergr. 300:1

Die schon beim "Achatit" beobachteten Verarmungszonen im Zink-Bild sind hier deutlicher sichtbar und lagemäßig identisch mit entsprechenden (weniger stark ausgeprägten) Zonen im Phosphor-Bild.

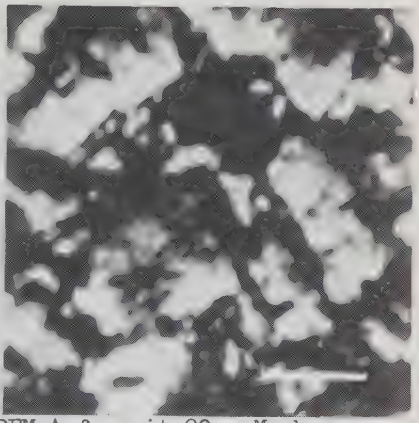
3. Palavit 55

Beim "Palavit 55" waren - wie im Vorhergegangenen angedeutet - keine Aufnahmen sinnvoll, da das Material durch die Hitzeentwicklung beim Auftreffen des Elektronenstrahls jede Struktur verlor.

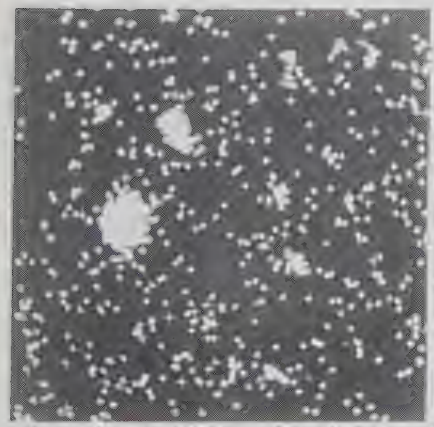
4. Composite-Merz



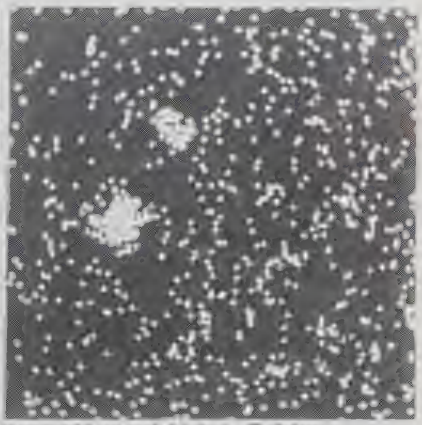
REM-Aufn.
Orig. Vergr. 300:1



REM-Aufn. mit 20 µ-Marke
Orig. Vergr. 1250:1



Verteilungsbild - Aluminium
Orig. Vergr. 300:1

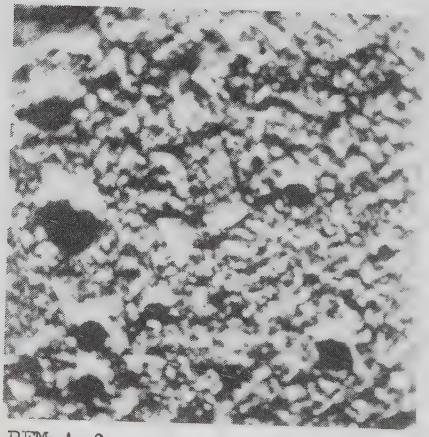


Verteilungsbild - Kalium
Orig. Vergr. 300:1

Beim "Composite-Merz" konnten Kristallite mit einer Korngröße um 20 µ dargestellt werden.

Aluminium und Kalium sind nur in wenigen, lagemäßig identischen Einschlüssen vorhanden. Sie konnten deshalb erst mit den Elementverteilungsbildern nachgewiesen werden. Der Bilduntergrund ist Bremsstrahlung (vgl. Abschn. 2.3).

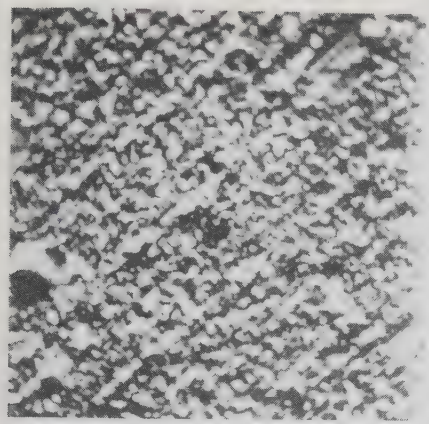
5. Concise



REM-Aufn.
Orig. Vergr. 300:1

Korngröße bis ca 20 µ.
Die Stoffverteilung ist homogen.

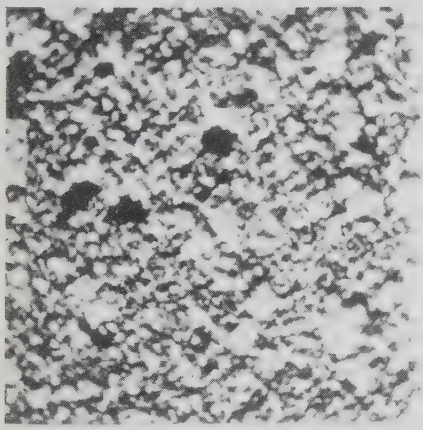
6. Compocap



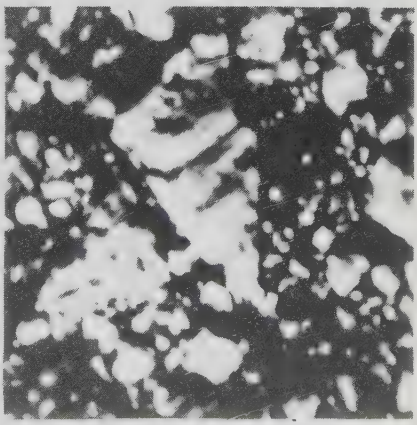
REM-Aufn.
Orig. Vergr. 300:1

Das Elektronen-Rasterbild läßt eine sehr homogene Struktur erkennen (Kapselanmischung); ansonsten dieselben Befunde wie beim "Concise".

7. Cosmic



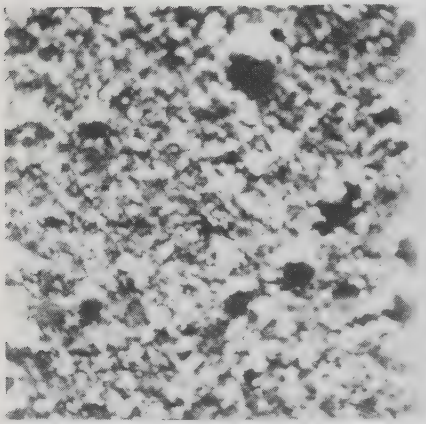
REM-Aufn.
Orig. Vergr. 300:1



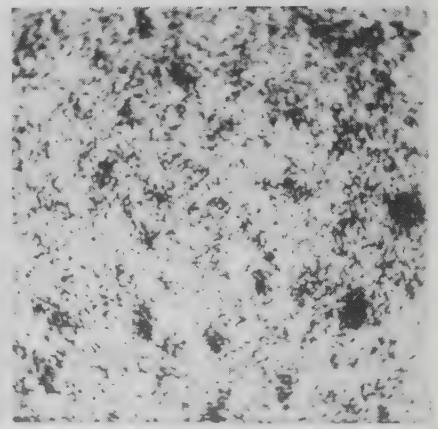
REM-Aufn.
Orig. Vergr. 1250:1

Beim "Cosmic" konnten vereinzelt Kristallite mit Korngröße um 30 µ festgestellt werden.
Die Stoffverteilung ist homogen.

8. Vytol



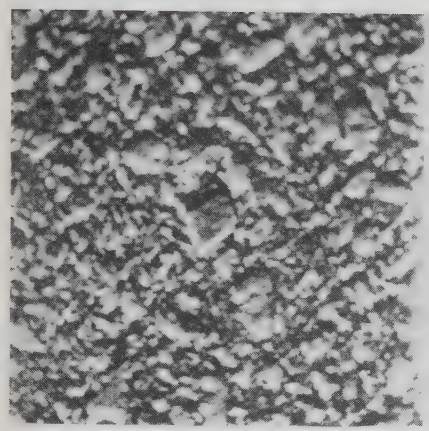
REM-Aufn.
Orig. Vergr. 300:1



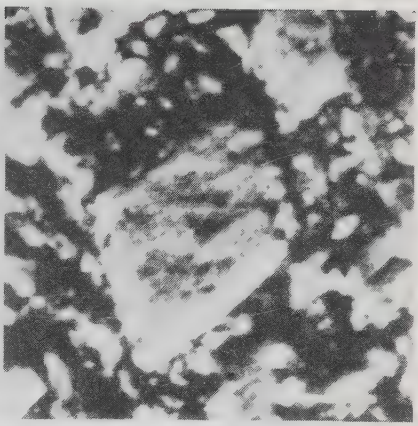
Verteilungsbild - Barium
Orig. Vergr. 300:1

Hier wieder die maximale Korngröße unter 20 µ.
Im Barium-Bild sind wenige Verarmungszonen erkennbar, sonst homogene Stoffverteilung.

9. Uviofil



REM-Aufn.
Orig. Vergr. 300:1



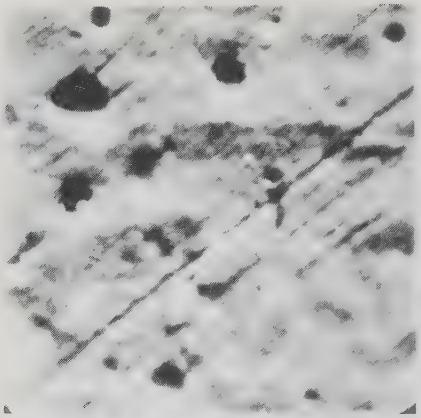
REM-Aufn. mit 20 µ-Marke
Orig. Vergr. 1250:1

Besonders auffällig ist hier das völlige Fehlen der bei den anderen Füllungsmaterialien mehr oder weniger kontinuierlich verteilten, bis zu 50 µ großen, meist runden Verschattungen im Elektronen-Rasterbild.

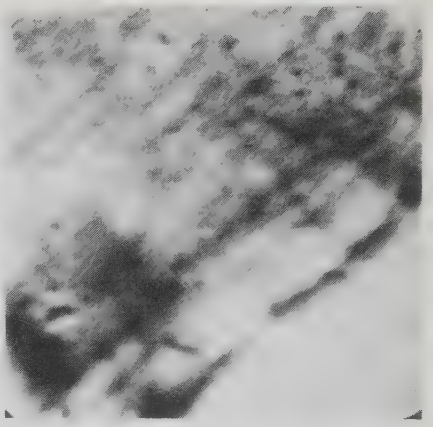
Diese stellen Poren dar, die teils durch die Polymerisationsschrumpfung und teils durch Lufteinschlüsse beim Anmischen entstanden sind.

Vereinzelt sind Kristallite mit Korngröße um 30 µ vorhanden. Die Stoffverteilung ist homogen.

10. Mikrofil



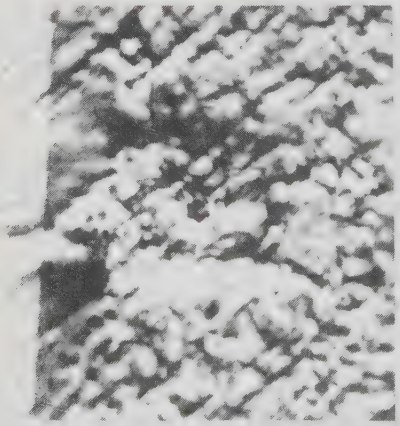
REM-Aufn.
Orig. Vergr. 300:1



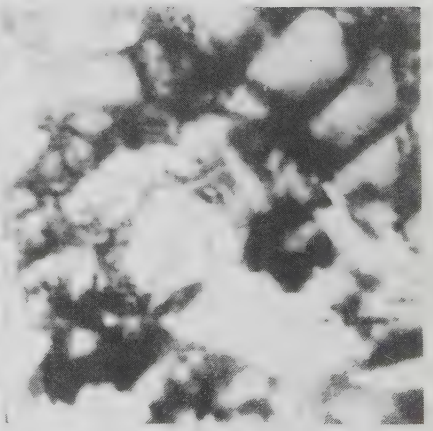
REM-Aufn.
Orig. Vergr. 1250:1

Beim "Mikrofil" fällt auf, daß im Elektronen-Rasterbild keine kirstallinen Strukturen zu erkennen sind.
Die Stoffverteilung ist homogen.

11. Isopast



REM-Aufn.
Orig. Vergr. 300:1



REM-Aufn.
Orig. Vergr. 1250:1

Beim "Isopast" fehlen wie beim "Uviofil" die durch Poren bedingten Verschattungen im Elektronen-Rasterbild.

Maximale Korngröße um 20 µ; die Stoffverteilung ist homogen.

4. ERGEBNISSE

Bei den beiden Silikatzementen "Achatit" und "Silicap" wurde die bekannte Zusammensetzung nachgewiesen:
Aluminium, Silicium, Calcium, Fluor, Zink und Phosphor als Zinkphosphat (homologe Verarmungszonen in den entsprechenden Rö-Rasterbildern) sowie einige Metalle als Farbzusätze (Pilz et al. 1969).

Die Elektronen- und auch die Röntgen-Rasterbilder lassen keinen Unterschied in der Homogenität dieser beiden Probanden - einerseits manuell und andererseits maschinell angemischt - erkennen.

Das der Vollständigkeit halber in die Untersuchungsreihen aufgenommene Methakrylat "Palavit 55" konnte aus den bereits genannten Gründen nur unvollständig dargestellt werden.

Gegenüber den hier untersuchten Composites fällt das "Isopast" durch seinen relativ hohen Kohlenstoffgehalt auf. Entsprechend nieder ist der anorganische Gesamtgehalt.

Dieser besteht wie beim "Mikrofil", "Uviofil", "Concise" und "Composite-Merz" hauptsächlich aus Silikaten.

Beim "Vytol" und "Cosmic" verteilt sich die anorganische Komponente auf Silicium und Aluminium; beim "Compocap" ist zusätzlich noch viel Zink enthalten.

Die Silicium- und Aluminium-Verbindungen sind hierbei in erster Linie für die Härte des Füllungsmaterials verantwortlich. Ob dem Zink (z.B. als Zinkchlorid - vgl. Pilz et al.

1969) eine längerdauernde antiseptische Wirkung zugesprochen werden kann, erscheint fraglich.

Die außerdem - teilweise nur in Spuren - beigemischten Metalloxide (wie z.B. von Magnesium, Titan oder Kupfer) bestimmen die Farbe des jeweiligen Füllungsmaterials.

"Cosmic" und "Vytol" enthalten Barium als röntgenpositive Komponente. Da bei beiden kein Fluor gefunden werden konnte - Barium-Fluorid als Röntgenopaker (Lutz et al. 1976) - ist nur die Beimischung als Bariumsilikat (schwerlösliche Verbindung) denkbar.

Beim "Compocap" bedingen Tantal und Zirkon die Röntgenopazität.

Daß bei den Materialien "Uviofil" und "Isopast" keine Porenbildungen feststellbar sind, deutet auf große Volumkonstanz bzw. geringe Polymerisationsschrumpfung hin (Lutz et al. 1976). Möglicherweise sind auch bei diesen beiden Füllungsmaterialien die anorganischen Partikel durch die Silanisierung (a.a.O.) so fest an die organische Matrix gebunden, daß sie beim Finieren bzw. bei der Abrasion in vivo (Rehberg 1978) nicht im ganzen aus dem Verbund herausgerissen, sondern nur abgetragen werden.

Beim "Uviofil" als UV-härtendem Einkomponenten-Composite fehlt außerdem die Möglichkeit der Porenbildung durch anmischungsbedingte Lufteinschlüsse.

Letztlich fällt das "Mikrofil" durch die Feinkörnigkeit seiner Füllkörper auf. Bei unseren Vergrößerungen konnte keine kristalline Struktur festgestellt werden. Laut Herstellerbericht liegt hier die Korngröße bei o,1 µ.

5. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit ist der Versuch unternommen worden, die Entwicklung der Frontzahnfüllungsmaterialien mit Hilfe der Röntgen-Spektralanalyse aufzuzeichnen.

Diese relativ neue Untersuchungsmöglichkeit - in der zahnärztlichen Literatur konnte sie nur bei Eichner (1979) in bezug auf die metallkeramische Bindung gefunden werden - hat gegenüber der chemischen Analyse den Vorteil, daß bei erhaltenbleibendem Untersuchungsmaterial dieses systematisch nach den vorhandenen Grundstoffen abgesucht werden kann.

Durch Elementverteilungsbilder, die in Kombination mit REM-Bildern angefertigt werden können, ist es möglich, die Lokalisation des jeweiligen Grundstoffs im Untersuchungsmaterial darzustellen, was besonders bei der Untersuchung von Grenzschichten Bedeutung hat.

Trotz dieser Vorteile kann die Röntgen-Spektralanalyse die chemische Analyse nicht ersetzen, sondern nur ergänzen, da mit ihr keine chemischen Verbindungen nachgewiesen werden können und auch bei der quantitativen Analyse noch Schwierigkeiten bestehen.

Im Rahmen dieser Arbeit fallen die beiden Materialien "Isopast" und "Mikrofil" auf.

Bei beiden wird versucht, die den Composites anhaftenden Nachteile der mangelnden Polierfähigkeit und des Substanzverlusts durch Abrasion auszuschalten bzw. zu verringern.

Hierbei dürfte die auch schon bei anderen Composites angewandte Silanisierung (chemische Bindung zwischen org. und anorg. Bestandteilen) eine große Rolle spielen. Sie verhindert, daß der anorganische Füllkörper durch Abrasionserscheinungen im ganzen aus dem Füllungsverband gerissen wird.

Beim "Mikrofil" wird die Polierfähigkeit weiterhin durch extrem kleine Füllpartikel gesteigert; beim "Isopast" wird dieser Effekt durch Erhöhung des organischen Anteils erreicht.

Beides führt möglicherweise zu einem Härteverlust des betreffenden Füllungsmaterials.

Wie die Entwicklung der Frontzahnfüllungsmaterialien weitergehen wird, bleibt abzuwarten. Jedenfalls zeichnet sich bei den neuen Materialien ein Trend zu immer feineren Füllpartikeln sowie zu einer Verringerung der anorganischen Komponente ab.

6. LITERATURVERZEICHNIS

Eichner, K.: Metallkeramik in der zahnärztlichen Prothetik. Hanser, 1979 S. 48-53.

Lutz, F., B. Lüscher, H. Ochsenbein und H.R. Mühlemann: Adhäsive Zahnheilkunde. Juris Druck 1976 S. 193, 197 f, 205 f, 228.

Ohnsorge, J., R. Holm: Rasterelektronenmikroskopie: e. Einf. f. Mediziner u. Biologen, Thieme 1978, S. 62-82.

Pilz, W., C.H. Plathner, H. Taatz: Grundlagen der Kariologie und Endodontie. Hanser 1969, S. 421.

Rehberg, H.J.: Ein Überblick über die werkstoffkundlichen Grundlagen der Composite-Füllungsmaterialien. Zahnärztl.Mitt. 68. Jg., 1191 - 1194 (1978).

Riethe, P.: Entwicklung der Frontzahnfüllungswerkstoffe I. Zahnärztl.Mitt. 68. Jg., 316 - 321 (1977).

Herrn Professor Dr.Dr. P.Riethe möchte ich für die Überlassung des Themas und für die freundliche Unterstützung danken.

Besonderen Dank bin ich Herrn Professor Dr. G.Möllenstedt und Herrn Ing. H.Warth für die Ermöglichung der Untersuchungen am Röntgen-Spektrometer schuldig.

Weiterhin danke ich Herrn Resch für die fotografische Unterstützung.

LEBENSLAUF

Am 17. März 1949 wurde ich, Peter Michael Frick, als zweites Kind meiner Eltern Dr. Karl Frick und Gunhild Frick, geb. Warth, in Rottenburg geboren.

Von April 1956 bis März 1960 besuchte ich die Grundschule in Rottenburg. Am 26. April 1960 trat ich in das Eugen-Bolz-Gymnasium Rottenburg ein, wo ich am 28. Mai 1968 die Reifeprüfung bestand.

Im Wintersemester 1968/69 begann ich in Tübingen das Studium der Zahnmedizin, das ich am 06. Dezember 1973 mit dem Staatsexamen abschloß.

Nach anschließender Praxistätigkeit als Assistenzzahnarzt übernahm ich am 01. März 1978 die väterliche Praxis in Rottenburg.